

Manufacture of integrated minuatue movable silicon mechanical-structure on glass substrate

Patent number: CN1277142
Publication date: 2000-12-20
Inventor: XIONG XINGGUO (CN); LU DEREN (CN); WANG WEIYUAN (CN)
Applicant: SHANGHAI INST OF METALLURG ACA (CN)
Classification:
- international: B81C1/00; H01L21/84
- european:
Application number: CN20000119498 20000721
Priority number(s): CN20000119498 20000721

Report a data error here

Abstract of CN1277142

By means of electrostatic silicon-glass bonding technology, sensitive monocrystal silicon structure is manufactured on glass substrate. In the position of the silicon chip bonding side corresponding to movable structure bottom, shallow hole is etched to suspend the movable structure, and monocrystal silicon deep-reaction ion etching technology is introduced to form the micro structure. In structure material of monocrystal silicon, movable planar micro structure may be manufactured, which has the high depth-to-width ratio for surface micro machine to body micro machine. The technology is suitable for the manufacture of acceleration sensor, gyro, resonator and other planar movable micro structure.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

B81C 1/00

H01L 21/84

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00119498.4

[43]公开日 2000 年 12 月 20 日

[11]公开号 CN 1277142A

[22]申请日 2000.7.21 [21]申请号 00119498.4

[71]申请人 中国科学院上海冶金研究所

地址 200050 上海市长宁区长宁路 865 号

[72]发明人 熊幸果 陆德仁 王渭源

[74]专利代理机构 上海华东专利事务所

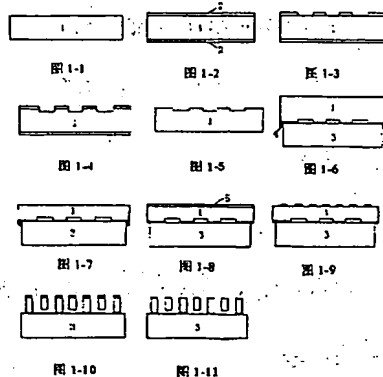
代理人 张泽纯

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制
作方法

[57]摘要

一种单晶玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制
作方法,该方法通过硅—玻璃静电键合技术将单晶硅敏
感结构制作在玻璃衬底上,在硅片键合面一侧对应可动
结构底部预腐蚀浅坑实现可动结构的悬空,引入单晶硅
深反应离子刻蚀技术进行微结构刻蚀成型,以单晶硅
为结构材料制作出从表面微机械到体微机械尺度厚度
的高深宽比的平面可动微结构,适合于加速度传感器,陀
螺,谐振器等各种平面可动微结构的制作。



ISSN 1000-8427 4

权 利 要 求 书

1、一种玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法，其特征在于该方法中采用硅-玻璃静电键合技术和单晶硅深反应离子刻蚀技术，并将为实现可动悬空需要的浅坑制作在硅片上。

2、根据权利要求 1 所述的玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法，其特征在于它包括下列步骤：

- ① 硅片双面抛光；
- ② 在 1050℃下，湿氧对上述硅片双面热氧化，形成一定厚度的二氧化硅；
- ③ 对二氧化硅进行光刻，光刻悬空可动结构的浅坑图形；
- ④ 以二氧化硅为掩模，用单晶硅各向异性湿性腐蚀剂腐蚀出几个微米至十几微米的浅坑；
- ⑤ 去除双面二氧化硅，清洗干净；
- ⑥ 将硅片浅坑面与玻璃静电键合，玻璃的尺寸比硅片的尺寸小约 2-3 毫米，用环氧树脂密封硅-玻璃键合界面周边；
- ⑦ 用各向异性腐蚀剂湿法腐蚀硅片，使整片硅片均匀地减薄至器件所需厚度，并保证硅片腐蚀表面良好的平整度；
- ⑧ 用浓硫酸加热去除环氧树脂，清洗干净，在硅片腐蚀减薄面蒸涂约 0.2 μm 厚的铝；
- ⑨ 铝层光刻出平面可动结构图形；
- ⑩ 以铝为掩模，深反应离子刻蚀单晶硅至场区硅完全去除，可动结构悬空，器件成型；
- (11) 去除铝掩模，制作完成。

3、根据权利要求 2 所述的玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法，其特征在于所说的第②步中二氧化硅的厚度约 0.1 μm 。

4、根据权利要求 2 所述的玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法，其特征在于所说的第④步所使用的各向异性腐蚀剂为氢氧化钾，腐蚀出 $10\mu\text{m}$ 的浅坑。

5、根据权利要求 2 所述的玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法，其特征在于所说第⑦步所使用的各向异性腐蚀剂采用 50% 的 KOH，在温度 60°C 时进行腐蚀减薄。

6、根据权利要求 2 所述的玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法，其特征在于所说的玻璃为派热克斯 7740 玻璃。

说明书

玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法

本发明涉及微电子机械加工，特别是一种玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法。

自二十世纪八十年代以来，微机械加工技术出现并取得了长足的进展，许多宏观规模上的机械构件，如马达，齿轮，曲柄，弹簧等在几十微米的微小尺度上得以实现。以此为基础，人们将微机械与微电子元件有机地结合起来，构成具有特定功能的系统，从而开创了微电子机械系统（Micro Electro Mechanical System, 简称 MEMS）这门崭新的学科。较之常规系统，集成微电子机械系统具有体积小，重量轻，成本低，与大规模集成电路制作工艺相兼容，易于大批量生产等显著优点，在军事，通讯，汽车电子，生物医学工程等领域均有着广泛的应用前景。微机械加工技术大体可分为表面微机械加工和体微机械加工两大类。表面微机械加工通过在单晶硅衬底上淀积或生长薄膜材料，如多晶硅，氮化硅等，对这些薄膜材料进行平面加工，堆叠出所需的微结构。其可动结构的悬空一般采用牺牲层腐蚀释放的方法实现。体微机械加工直接对体材料（通常是单晶硅基片）进行加工制作出准三维微结构，较多采用的是体材料的各种腐蚀技术。近年来深反应离子刻蚀技术（Deep Reactive Ion Etching, 简称 DRIE）取得了很大的突破，已能在较短的时间内实现深度达数百微米沟槽的硅刻蚀，获得非常高的深宽比和侧壁陡直度，为单晶硅体微机械加工提供了强大的技术手段。利用微机械加工技术，人们已经实现了微型加速度传感器，微陀螺，微谐振器，微马达等多种多样可动微结构的制作。

平面可动微结构的制作可以采用以单晶硅为衬底，多晶硅表面微机

机械加工的方法制作，可动微结构的悬空采用牺牲层技术，如美国 AD 公司（Analog Devices）研制的微型加速度计 ADXL50。但此种制作方法淀积的多晶硅结构层厚度受工艺限制一般不超过数微米，因而传感器敏感电容非常小，同时器件与单晶硅衬底之间也存在一定的寄生电容，给加速度计的信号检测带来难度，器件结构材料多晶硅淀积过程中引入的应力，亦在一定程度上影响到器件行为。由此人们开始尝试以玻璃为衬底，单晶硅体微机械加工制作硅-玻璃复合可动微结构。单晶硅体微机械加工，可以大幅度增加器件厚度，同时以玻璃为衬底可以避免器件与衬底间的寄生电容。以单晶硅为器件结构材料不存在多晶硅内应力问题，且可动结构的悬空通过硅-玻璃键合前预腐蚀浅坑实现，可以避免表面微机械加工牺牲层释放技术存在的可动结构与衬底的“粘附”问题，由此玻璃衬底上可动硅微机构结构开始受到人们的普遍重视。1995 年国际微电子机械系统会议论文集（Proceedings of Micro Electro Mechanical Systems）报道日本人 K. Ohwads 等利用（110）指数晶面硅片各向异性湿法腐蚀结合硅-玻璃静电键合技术得到以玻璃为衬底，厚度为 $58\mu\text{m}$ 的单晶硅梳状电容式加速度传感器结构，然而该梳状加速度传感器结构在玻璃上腐蚀浅坑实现可动结构的悬空，由于玻璃是各向同性腐蚀，腐蚀区域难以精确控制，只能腐蚀大面积方形浅坑，器件固定叉指底部亦悬空，在加速度作用下固定叉亦发生挠曲，会给加速度测量带来误差。另外由于采用湿法腐蚀，器件成型后腐蚀液会钻进叉指间隙对悬空结构底部造成过腐蚀，且对渗入叉指间隙的腐蚀液进行清洗也有一定的难度。

本发明的目的是为了彻底解决上述工艺中的缺点，提出一种玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法。

本发明的技术解决方案是：一种玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法，其特征在于该方法中采用硅-玻璃静电键合技术和单晶硅深反应离子刻蚀技术，并将为实现可动需要的悬空浅坑制作在硅片上。

玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法，具体说来，其特点是它包括下列步骤：

- ① 硅片双面抛光；
- ② 在 1050°C 下，湿氧对上述硅片双面热氧化，形成一定厚度的二氧化硅；
- ③ 对二氧化硅进行光刻，光刻悬空可动结构对应的浅坑图形；
- ④ 以二氧化硅为掩模，用单晶硅各向异性湿性腐蚀剂腐蚀出几个微米至十几微米的浅坑；
- ⑤ 去除双面二氧化硅，清洗干净；
- ⑥ 将硅片浅坑面与玻璃静电键合，玻璃的直径或边长比硅片的小约 2-3 毫米，用环氧树脂密封硅-玻璃键合界面周边；
- ⑦ 用各向异性腐蚀剂湿法腐蚀硅片，使整片硅片均匀地减薄至器件所需厚度，并保证硅片腐蚀表面良好的平整度；
- ⑧ 用浓硫酸加热去除环氧树脂，清洗干净，在硅-玻璃复合材料的硅表面淀积约 $0.2\mu\text{m}$ 厚的铝；
- ⑨ 对铝层光刻出平面可动微结构图形；
- ⑩ 以铝为掩模，深反应离子刻蚀单晶硅至场区硅完全去除，可动结构悬空，器件成型；
- (11) 去除铝掩模，玻璃衬底上可动硅微机械结构制作完成。

上述第②步中湿氧 1050°C ，双面热氧化生长约 $0.1\mu\text{m}$ 厚的二氧化硅，此处的热氧化条件可以变化，氧化的温度可提高或降低，生长的二氧化硅厚度也可增加或减小，二氧化硅是作为 KOH 湿法腐蚀出单晶硅 $10\mu\text{m}$ 深的浅坑的掩膜，虽然 KOH 对二氧化硅的腐蚀速率远远小于对单晶硅的腐蚀速率，但 KOH 对二氧化硅仍然存在轻微的腐蚀，生长二氧化硅的厚度只要保证在浅坑制作完毕二氧化硅不被腐蚀完即可。

上述第④和第⑦步中，所说的腐蚀剂可以采用氢氧化钾 (KOH)，也

可采用其他单晶硅各向异性湿法腐蚀剂，如四甲基氢氧化铵（TMAH），乙二胺邻苯乙酚和水系统（EPW 系统），浅坑深度约 $10\mu\text{m}$ 即可。

最好是采用 50% 的 KOH，在温度为 60°C 的条件下进行腐蚀，这样可以得到光滑平整的腐蚀表面，同时具有较快的腐蚀速率。

所说的玻璃最好选用派热克斯（Pyrex）#7740 玻璃，因为 Pyrex #7740 玻璃的热膨胀系数与硅最相近，玻璃半径比硅片小的尺寸也不一定非为 2~3 毫米，只要保证能在周边涂上环氧树脂的前提下尽量少损失硅片的有效面积即可。

本发明玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法，采用硅-玻璃静电键合技术，结合单晶硅深反应离子刻蚀技术，以单晶硅为结构材料制作出从表面微机械到体微机械尺度任意厚度的高深宽比平面可动微结构，适用于加速度传感器，陀螺，谐振器等各种平面可动微结构的制作。深反应离子刻蚀技术的引入可增加器件厚度至数百微米，获得非常光滑陡直的侧壁，较之各向异性湿法腐蚀，深反应离子刻蚀技术为干法刻蚀，不会引起腐蚀液沾污，器件成型后无需清洗，刻蚀形状不受晶向限制，可加工出任意形状的微结构。本发明通过在硅片键合面对应可动结构区域预腐蚀浅坑实现可动结构的悬空，即用于可动结构悬空的浅坑开在硅片而非玻璃上，可以选择性地精确区分可动结构和固定结构区域，在实现可动结构悬空的同时确保固定结构的锚定。本发明采用氢氧化钾湿法腐蚀将硅片减薄至所需厚度，为防止氢氧化钾湿法腐蚀对硅片键合面的钻蚀，静电键合时选用比硅片半径小 2~3 毫米的玻璃片，用环氧树脂密封硅玻璃键合界面周边。硅膜制备完毕，环氧树脂可用浓硫酸加热碳化去除，这就是本发明的优点。

下面结合最佳实施例及其附图对本发明作进一步说明。

图 1 为本发明玻璃衬底上可动硅微机械结构集成化的制作方法最佳实施例的工艺流程图。

图中:

1 — 硅片 2 — 二氧化硅

3 — 玻璃 4 — 环氧树脂

5 — 铝

本发明的最佳实施例如图所示, 包括下列步骤:

- (1) 双面抛光硅片 (如图 1-1);
- (2) 双面湿氧热氧化, 在 1050°C 下, 进行湿氧化, 双面氧化生成约 $0.1\ \mu\text{m}$ 的二氧化硅 (如图 1-2);
- (3) 光刻悬空可动结构的浅坑图形 (如图 1-3);
- (4) 以二氧化硅为掩模, KOH 湿法腐蚀浅坑深约 $10\ \mu\text{m}$ (如图 1-4);
- (5) 去除双面二氧化硅, 清洗干净 (如图 1-5);
- (6) 将硅片浅坑面与 Pyrex #7740 玻璃静电键合, 玻璃半径比硅片小 $2\sim 3$ 毫米, 用环氧树脂密封在硅-玻璃键合面周边 (如图 1-6)
- (7) 用 50% KOH 60°C 湿法腐蚀硅片整片均匀减薄至器件所需厚度, 保证硅片腐蚀表面良好的平整度 (如图 1-7);
- (8) 用浓硫酸加热去除环氧树脂, 清洗干净, 在硅片腐蚀减薄面淀积约 $0.2\ \mu\text{m}$ 厚度的铝 (如图 1-8);
- (9) 铝层光刻出平面可动微结构图形 (如图 1-9);
- (10) 以铝为掩模, 深反应离子刻蚀单晶硅至场区硅完全去除, 可动结构悬空, 器件成型 (如图 1-10);
- (11) 去除铝掩膜 (如图 1-11), 玻璃衬底上可动硅微机械结构制作完成。

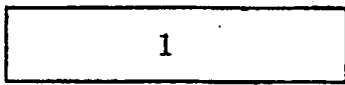


图 1-1

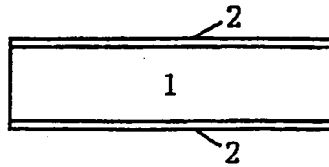


图 1-2

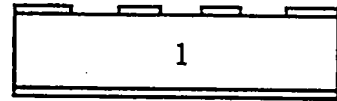


图 1-3

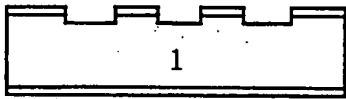


图 1-4

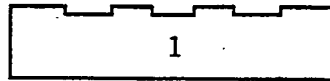


图 1-5

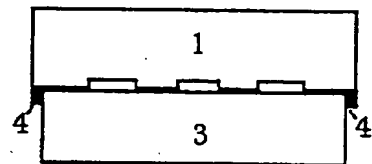


图 1-6

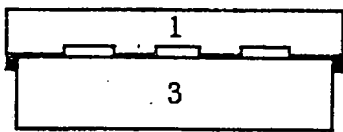


图 1-7

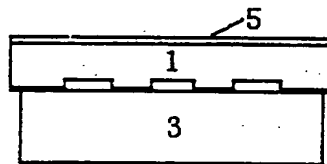


图 1-8

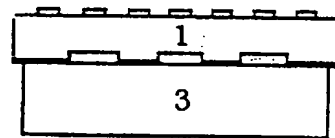


图 1-9

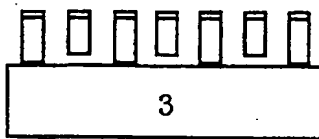


图 1-10

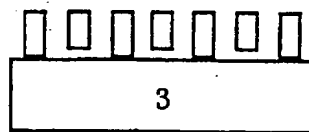


图 1-11

图 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.